

***IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE***

Applicant: Takahiro HAMADA et al.

Title: FUEL INJECTION VALVE

Appl. No.: Unassigned

Filing Date: 04/14/2004

Examiner: Unassigned

Art Unit: Unassigned

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:


The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

- JAPAN Patent Application No. 2003-110398 filed 04/15/2003.

Respectfully submitted,

Date April 14, 2004

By 

FOLEY & LARDNER LLP  
Customer Number: 22428  
Telephone: (202) 672-5414  
Facsimile: (202) 672-5399

Richard L. Schwaab  
Attorney for Applicant  
Registration No. 25,479

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    4 月 1 5 日  
Date of Application:

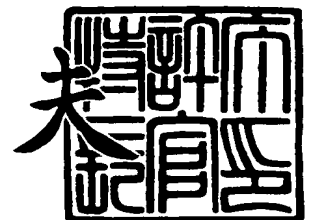
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 1 1 0 3 9 8  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 1 1 0 3 9 8 ]

出      願      人                      日 産 自 動 車 株 式 有 限 公 司  
Applicant(s):

2 0 0 4 年    2 月 2 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 NM02-03108

【提出日】 平成15年 4月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F02M 59/46

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会  
社内

    【氏名】 浜田 孝浩

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会  
社内

    【氏名】 馬淵 豊

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会  
社内

    【氏名】 加納 真

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会  
社内

    【氏名】 東 裕志

【特許出願人】

    【識別番号】 000003997

    【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

    【代表者】 カルロス ゴーン

## 【代理人】

【識別番号】 100102141

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 的場 基憲

【電話番号】 03-5840-7091

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 061067

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9810101

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料噴射弁

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 自動車用燃料の存在下で相手部材に対して摺動するニードルバルブを備えた燃料噴射弁において、上記ニードルバルブ及び相手部材の互いに接触して摺動する部位の少なくとも一方に硬質炭素薄膜が被覆してあり、

上記硬質炭素薄膜は、その表面硬さがヌープ硬さで  $1500 \sim 4500 \text{ kg/mm}^2$ 、膜厚が  $0.3 \sim 2.0 \mu\text{m}$  であると共に、表面粗さ  $R_y (\mu\text{m})$  が、次式

$$R_y < (0.75 - Hk/8000) \times h + 0.0875 \dots (A)$$

(式中の  $h$  は上記硬質炭素薄膜の厚さ ( $\mu\text{m}$ )、 $Hk$  は上記硬質炭素薄膜のヌープ硬さ ( $\text{kg/mm}^2$ ) を示す) で表わされる関係を満足することを特徴とする燃料噴射弁。

【請求項 2】 上記自動車用燃料がエステル系及び／又はアミン系添加剤を含有していることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料噴射弁。

【請求項 3】 上記添加剤が、オクタン価向上剤、セタン価向上剤、酸化防止剤、金属不活性化剤、清浄分散剤、氷結防止剤及び腐食防止剤から成る群より選ばれた少なくとも 1 種の添加剤であることを特徴とする請求項 2 に記載の燃料噴射弁。

【請求項 4】 上記硬質炭素薄膜中に含まれる水素原子量が  $0.5$  原子%以下であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 つの項に記載の燃料噴射弁。

【請求項 5】 上記硬質炭素薄膜がダイヤモンドライクカーボン薄膜であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 つの項に記載の燃料噴射弁。

【請求項 6】 上記ダイヤモンドライクカーボン薄膜は、アーク式イオンプレーティング法により成膜されたものであることを特徴とする請求項 5 に記載の燃料噴射弁。

【請求項 7】 硬質炭素薄膜の被覆前における基材の表面粗さが、 $R_a$  で  $0.03 \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 つの項に記載

の燃料噴射弁。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、摩擦特性及び耐久性に優れた自動車用の燃料潤滑摺動部材に係わり、更に詳細には、相手材との摺動部位に特定の硬質炭素薄膜を被覆して成るニードルバルブを備え、耐久信頼性に優れ、且つ低摩擦係数を実現し得る自動車燃料噴射弁に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、自動車の低燃費化や排ガス規制への要求が強くなっていることから、燃料潤滑部の摺動環境はますます厳しくなっている。

このような摺動部摩耗に対する方策として、窒化クロム又は窒化チタン等の硬質薄膜を燃料噴射弁の摺動部に形成することが提案されている（特許文献1参照）。

【0003】

ところで、硬質薄膜を形成することの最大のメリットは、めっき等の表面処理や熱処理等の表面硬化処理に比べて著しく高い表面硬さが得られる点にあり、このような硬質薄膜を摺動部位に適用することで、従来に比し耐摩耗性が大幅に向上することが期待できる。

また、潤滑下においては、摩耗による表面粗さの悪化を抑制できるため、表面粗さの悪化により相手材を摩耗させることや、相手材との直接接触（メタルコンタクト）が増加することによる摩擦力の増大を防ぎ、潤滑状態を初期の状態のまま長時間に亘って維持することを可能にする。更に、上記のような硬質薄膜自体が硬いことから相手材をなじませることが可能であり、これによって平滑化した面粗度を得る機能も期待することができ、その結果、双方の粗さが平滑化して潤滑状態を良好な状態に改善することも期待できる。

【0004】

一方、硬質薄膜の一種であるダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜を始め

とする非晶質系の炭素膜では、膜自体の硬さが硬いことに加え、膜自体に固体潤滑材としての性質があり、無潤滑下においては著しく低い摩擦係数を示すことが知られている。

なお、潤滑油中において、接点をミクロ的に見た場合、油膜を介して相手材と摺動する部位と、双方の表面粗さ（形状）に起因する突起部が相手材に直接接触（メタルコンタクト）する部位とに区分することができ、直接接触するような部位においては、DLC膜の適用により、そこで発生する摩擦力を低減する効果が無潤滑下の場合と同様に期待され、近時では、内燃機関の低フリクション化技術として摺動部材への適用が検討されている。

#### 【0005】

ところが、PCD法やCVD法による硬質薄膜では、めっき等の表面処理と比較して膜自体に内部応力が高く、膜の硬さが著しく高いため、機械部品の摺動部材に適用すると、膜が基材から剥離したり、膜に割れが発生したりすることが多い。なお、膜の剥離に関しては、膜と基材との密着性を考慮して適当な中間層を設けることや、膜を多層構造とすることによって内部応力を緩和し、改害する手法がこれまでに提案されている。

#### 【0006】

しかし、膜自体の割れや、この割れに伴う剥離に関して、特に硬質炭素薄膜の表面粗さや形状、相手材の粗さや形状を規定しこれを改善した従来例はほとんど知られておらず、従来提案されたものとしては、摺動部の摺動面にC、H、Si及び不可避不純物からなる硬質炭素薄膜を形成し、硬質炭素薄膜の厚さ及び硬さを規定したものが提案されているに過ぎない（特許文献2参照）。

#### 【0007】

##### 【特許文献1】

特開平7-63135号公報

##### 【特許文献2】

特開2002-332571号公報

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のように、C、H、S i 及び不可避不純物からなる硬質炭素薄膜の摺動については、若干の検討はなされているものの、硬質炭素薄膜の成分、厚さ、硬さ、表面粗さ及び使用する燃料の性状などを総合的に判断した上での検討は見当たらない。

とくに、上記硬質炭素薄膜は、従来の窒化チタン (T i N) や窒化クロム (C r N) 等の膜に比して脆性的な傾向が強いため、膜質に合致した成膜制御が必要であるばかりでなく、このような摺動部材において、低摩擦係数を実現し、耐焼付き性を改善し、耐久信頼性を向上させるには、使用する燃料に含まれる添加剤などの影響をも無視することができないにもかかわらず、これらの関係については必ずしも明らかになっていないのが現状であった。

#### 【 0 0 0 9 】

本発明は、このような従来技術の有する課題に着目してなされたものであって、その目的とするところは、めっき等の表面処理に比べて硬度が極めて高いために一般に延性が少ないとされる硬質炭素薄膜を摺動部材に適用した際に起こり得る膜の割れや剥離等を抑制し、耐久信頼性を確保し、低摩擦係数を実現し、且つ耐焼付き性を向上させ、さらには低摩擦係数の実現によって燃料噴射弁の応答性を改善し、もって燃費性能の向上をも可能にする燃料噴射弁を提供することにある。

#### 【 0 0 0 1 0 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意検討を重ねた結果、硬質炭素薄膜、特に D L C 膜における表面硬さや形状などを制御し、特に表面粗さを表面硬さや膜厚に応じて適切に制御することによって、硬質炭素薄膜の割れや剥離を防止することができ、摩擦係数の低下及び耐焼付き性の向上を実現させ、耐久信頼性を確保することができることを見出し、本発明を完成するに至った。

即ち、本発明の燃料噴射弁は、自動車用燃料の存在下で相手部材に対して摺動するニードルバルブを備えた燃料噴射弁であって、上記ニードルバルブ及び相手部材の少なくとも一方には、互いに接触して摺動する部位に硬質炭素薄膜が被覆してある。そして、この硬質炭素薄膜は、ヌープ硬さで 1 5 0 0 ～ 4 5 0 0 k g



$\text{mm}^2$  の表面硬さを有すると共に、膜厚が  $0.3 \sim 2.0 \mu\text{m}$  であって、さらに表面粗さ  $R_y (\mu\text{m})$  が、次式

$$R_y < (0.75 - Hk / 8000) \times h + 0.0875 \dots (A)$$

(式中の  $h$  は上記硬質炭素薄膜の厚さ ( $\mu\text{m}$ )、 $Hk$  は上記硬質炭素薄膜のヌープ硬さ ( $\text{kg/mm}^2$ ) を示す) で表わされる関係を満足する。

#### 【0011】

##### 【作用】

本発明の燃料噴射弁においては、ニードルバルブの摺動面に形成された硬質炭素薄膜、特に DLC 薄膜の厚さと硬さにより、その膜が許容できる負荷の入力条件が決まる。したがって、与えられた膜と適用された部位における摺動条件に対し、膜の表面粗さや形状などの各因子を適切に規定することにより、膜に対する入力条件がある範囲内に制御され、適用された部位での膜の割れや剥離の発生が未然に防止され、膜としての機能が長時間に亘って維持されることになる。

#### 【0012】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の燃料噴射弁について詳細に説明する。

上述の如く、本発明の燃料噴射弁におけるニードルバルブは、例えば鉄鋼材やアルミニウム材を基材とする摺動部材であって、自動車用燃料の存在下で使用されるものであり、相手部材との摺動面に後述するような性質を備えた硬質炭素薄膜を被覆したものである。

#### 【0013】

このような燃料噴射弁において、ニードルバルブは、燃料噴射弁を構成するガイド又はハウジングを相手摺動部材とし、これと摺動する摺動面に、硬質炭素薄膜を被覆して成るものである。ここで、ニードルバルブの表面に硬質炭素薄膜を被覆する代わりに、相手摺動部材であるガイド及びハウジング側に硬質炭素薄膜を被覆しても同様の効果が得られる。

#### 【0014】

さらに、鉄鋼材などから成る基材の表面粗さ、即ち所定の硬質炭素薄膜を被覆する前の基材表面粗さとしては、摺動部材や自動車用燃料の種類や性状にも影響

を受けるが、一般に  $R_a$ （中心線平均あらさ）で  $0.03\ \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。

$R_a$  が  $0.03\ \mu\text{m}$  を超えると、硬質炭素薄膜表面の粗さに起因する突起部が相手材との局所的な接触面圧を増大させ、膜の割れを誘発する原因となる。なお、この理由の詳細については後述する。

#### 【0015】

また、本発明の燃料噴射弁において、ニードルバルブなどの潤滑油としても機能する燃料については、エステル系添加剤及びアミン系添加剤のいずれか一方又は両方、例えばオクタン価向上剤、セタン価向上剤、酸化防止剤、金属不活性化剤、清浄分散剤、氷結防止剤及び腐食防止剤を単独、あるいはこれらの2種以上を任意に組合わせて含有させることができ、このような添加剤の存在下において摩擦係数の低減や耐摩耗性の向上を有効に実現することができる。

#### 【0016】

このような添加剤としては、炭素数6～30、好ましくは炭素数8～24の直鎖状又は分枝状炭化水素基を有する脂肪酸エステル、脂肪酸アミン化合物、及びこれらの任意混合物を挙げることができる。炭素数が6～30の範囲外の場合は、摩擦低減効果が十分に得られない可能性がある。

脂肪酸エステルとしては、炭素数6～30の直鎖状又は分枝状炭化水素基を有する脂肪酸と脂肪族一価又は多価アルコールとから成るエステルなどを例示することができる。具体的な好適例としては、グリセリンモノオレート、グリセリンジオレート、ソルビタンモノオレート及びソルビタンジオレートなどが挙げられる。

また、脂肪酸アミン化合物としては、脂肪族モノアミン又はそのアルキレンオキシド付加物、脂肪族ポリアミン、イミダズリン化合物等、及びこれらの誘導体等を例示することができる。具体的には、ラウリルアミン、ラウリルジエチルアミン、ステアリルアミン、オレイルプロピレンジアミン等が挙げられる。

#### 【0017】

次に、本発明において、摺動部材の摺動部位に被覆する硬質炭素薄膜について説明する。

本発明の燃料噴射弁に用いられる硬質炭素薄膜は、主に炭素から成るものであり、典型的には、不可避免の不純物以外は炭素のみから構成される膜であって、各種の PVD 法、具体的には、アーク式イオンプレーティング法で形成された DLC 薄膜（ダイヤモンド状炭素薄膜）であることが好ましい。

#### 【0018】

また、この硬質炭素薄膜は、 $1500 \sim 4500 \text{ kg/mm}^2$  の表面硬さ（ヌープ硬度）と、 $0.3 \sim 2.0 \mu\text{m}$  の膜厚を有し、且つその表面粗さ  $R_y$ （最大高さ： $\mu\text{m}$ ）が次式（A）

$$R_y < (0.75 - H_k / 8000) \times h + 0.0875 \dots (A)$$

（式中の  $h$  は上記硬質炭素薄膜の厚さ（ $\mu\text{m}$ ）、 $H_k$  は上記硬質炭素薄膜のヌープ硬度（ $\text{kg/mm}^2$ ）を示す）で表わされる関係を満足するものである。

#### 【0019】

上記の（A）式は、本発明者らが、アーク式イオンプレーティング法などの PVD 法による硬質炭素薄膜を各種摺動部材の摺動部位に成膜し、これを相手材と摺動させて解析した結果に基づいて確立したものであり、特に摺動中に硬質炭素薄膜に傷が発生したり、これに伴う剥離が発生する点について、膜の硬さや表面粗さ、厚さ、基材の形状、相手材の表面粗さ及び形状との関係を考慮して決定したものである。

#### 【0020】

即ち、上記の摺動において硬質炭素薄膜に傷が入る場合、いずれも膜が割れてそのまま微視的に剥離することにより傷が発生し、この剥離断片が引き摺られることにより更に大きな傷に発展するが、本発明者らは、かかる傷が発生する要因がいずれも膜に対する負荷であることを見出し、更に検討を加えて上記（A）式の関係性を導き出したものである。

これに対し、従来のように単純な曲率などを持った相手材と平坦な摺動部材との線接触から想定される面圧のみが問題になるとすれば、硬質炭素薄膜の膜厚がある一定以上の値であればこのような割れには至らないはずであり、上記（A）式の関係性は問題にならないのである。

#### 【0021】

ここで、上述のような負荷が過大になる原因の一つとして、薄膜内に発生するデポジットが知られており、このデポジットは、アークイオンプレーティング法などの P V D により成膜した膜に見られる特有の現象であって、成膜中、膜の原料となるターゲットから飛来する粒子が単一なイオン又は原子状ではなく、クラスター又は溶融状態で飛来し、そのまま粒子として薄膜中に残存したものであり、更にその周囲を硬質の炭素薄膜が積み重なるように成長するため、硬質の粒状突起として膜内に分布する。

#### 【 0 0 2 2 】

そして、このようなデポジットや粒状突起は摺動中に容易に脱落するので、これらが接触部に巻き込まれると、相手部材からの押圧力が粒子を介して硬質炭素薄膜を伝搬することとなり、この部位での局所的な圧力は、上記相手部材のマクロな曲率を基に弾性変形を考慮して算出されるヘルツ面圧に比べて遥かに高いものであり、膜の割れを誘発する原因となる。更に、相手部材との滑り接触により剪断力などがこれに加わるため、傷は外周に向けて筋状に進展し、膜自体のマクロな剥離に至る。

#### 【 0 0 2 3 】

また、他の原因は、相手部材の表面粗さが粗いことにあり、この粗さに起因する突起が局所的な面圧を増大させてしまう場合と、相手部材と摺動部材との線接触が双方の平坦度が不十分な場合に点接触になってしまう場合がある。

特に、双方の平坦度が不十分なことから点接触になるケースは、上述のデポジットとの複合作用により、膜の割れを大きく加速する要因となり得る。

#### 【 0 0 2 4 】

また、この一方で、上記（A）式の確立に当り、硬質炭素薄膜の厚さや硬さが膜の割れ発生の要因となり得ることも解析により明らかとなった。

即ち、膜の厚さが厚いほど、ある荷重で粒子を押し付けた場合の変形量が減少するため、負荷に対する割れ発生への抵抗が高まる。よって、良好な潤滑状態を実現するためには、摺動部材の摺動条件における負荷に応じてある一定の膜厚が必要となる。

#### 【 0 0 2 5 】

一方、硬さについては、一般に硬さと延性は相反する関係にあり、膜が硬いほど膜の延性が低下することが知られている。即ち、膜の硬さがある程度低い方が膜の割れに対する抵抗が増すこととなる。

上記 (A) 式の確立においては、このような点も考慮されている。

#### 【0026】

以下、上記 (A) 式における限定条件について、具体的に説明する。

まず、硬質炭素薄膜の膜の厚さを  $0.3 \mu\text{m}$  以上としたのは、上記対象とする相手部材からの入力を考慮すると、この値以上でないと薄膜自体に割れが発生してしまうことによる。

一方、厚さを  $2.0 \mu\text{m}$  以下とした理由は、この値を超えると、成膜工程で膜に大きな残留応力が生じ、基材自体の反りが問題となるからである。膜自体の反りは、相手材との接触において点接触を促進するように働くため、これを超える膜厚では、接触不良によって膜の割れを間接的に加速する要因となる。

#### 【0027】

また、硬質炭素薄膜の表面粗さについては、膜の硬さと厚さとの関係より、次のように導かれるものである。

即ち、ヌープ硬さ  $H_k$  の硬質炭素薄膜が許容し得る接触部でのデポジット粒子又は摺動面の粗さ突起による押し込み深さ  $h'$  は、硬質炭素薄膜の厚さを  $h$  とした場合、実験的に

$$h' / h = 0.6 - H_k / 10000 \cdots \textcircled{1}$$

となる。

#### 【0028】

一方、硬質炭素薄膜の表面粗さ  $R_y$  については、種々の膜に関して調査した結果、膜内に残存するデポジット高さを  $a$  とした場合、

$$a = 0.8 R_y - 0.07 \cdots \textcircled{2}$$

なる関係が成立することが分かった。

#### 【0029】

硬質炭素薄膜がそれ自体に内在するデポジットにより、傷やそれに伴う割れ、剥離に至る場合については、硬質炭素薄膜の表面粗さを制御することで防げるた

め、デポジットがそのまま押し込む深さとして、 $a < h'$  を満たせばよい。

以上の関係から、上記 (A) 式

$$R_y < (0.75 - H_k / 8000) \times h + 0.0875 \dots (A)$$

が導かれる。

#### 【0030】

なお、上記硬質炭素薄膜に不純物として含まれる水素量については、0.5原子%以下とすることが望ましい。

すなわち、水素は、例えばCVD法を用いて成膜するに際して、カーボン供給源としてCH系ガスを採用することにより硬質炭素薄膜に混入する元素であって、その含有量が0.5原子%を超えた場合には、薄膜の硬度低下を招き、摺動時に薄膜の粗さが劣化してしまうので、フリクション悪化を引き起こすという不具合が生じる傾向がある。

#### 【0031】

次に、上記硬質炭素薄膜を被覆する基材の表面粗さの好適範囲について説明する。

硬質炭素薄膜被覆用の基材としては、上述したように、ステンレス鋼のような鉄鋼材や、軽量化を図る場合にはアルミニウム系合金材を用いることができ、当該基材における被覆前の表面粗さは、硬質炭素薄膜の膜厚が極めて薄いことから、成膜した後も膜表面の粗さとして反映される。このため、基材の表面粗さが粗い場合、膜表面の粗さに起因する突起部が相手材との局所的な接触面圧を増大させ、膜の割れを誘発する原因となる。

#### 【0032】

なお、本発明において、表面粗さ $R_a$ （中心線平均粗さ）は、粗さ曲線の平均線から測定線までの偏差の絶対値の合計を平均化した値を示し、また、 $R_y$ （最大高さ）は、 $R_{max}$ と同義で、粗さ曲線の平均線から最も高い山頂までの高さ、最も低い谷部までの深さの和を示しており、JIS B0601に準じて求めることができる。なお、以下の実施例において、表面粗さの測定は、測定長さ48mm、速度0.5mm/秒、ピッチ0.5μmとして、表面粗さ測定器を用いて行った。

## 【0033】

## 【実施例】

以下、本発明を実施例及び比較例に基づいてさらに具体的に説明するが、本発明は、これら実施例のみに限定されるものではない。

## 【0034】

## (実施例1)

基材としてステンレス鋼を使用し、 $18\text{ mm } \phi \times 22\text{ mm L}$ の円柱状試験片を切り出し、この試験片の表面を $Ra = 0.03\text{ }\mu\text{ m}$ に仕上げた後、当該表面にPVDアーク式イオンプレーティング法によって、 $Hk = 2250\text{ kg/mm}^2$ 、 $Ry = 0.04\text{ }\mu\text{ m}$ 、厚さ $h = 0.5\text{ }\mu\text{ m}$ のDLC薄膜を成膜し（A式の右辺の値：0.32）、本例の摺動試験片を製造した。

## 【0035】

## (比較例1)

実施例1の摺動試験片と同じ円柱状試験片を基材として、DLC薄膜を成膜することなく、そのまま本例の摺動試験片とした。

## 【0036】

## (比較例2)

実施例1の摺動試験片と同じ円柱状試験片を基材として、その表面にTiN皮膜を成膜して、本例の摺動試験片とした。

## 【0037】

## (比較例3)

実施例1の摺動試験片と同じ円柱状試験片を基材として、その表面に $\text{Cr}_2\text{N}$ 皮膜を成膜して、本例の摺動試験片とした。

## 【0038】

## (比較例4)

実施例1の摺動試験片と同一の円柱状試験片を基材とし、この試験片の表面を $Ra = 0.1\text{ }\mu\text{ m}$ に仕上た後、当該表面にPVDアーク式イオンプレーティング法により、実施例1と同様のDLC薄膜を成膜し、本例の摺動試験片を製造した。

## 【 0 0 3 9 】

## [性能評価 1]

各例の摺動試験片を用いて、下記の試験条件下で摩擦摩耗試験を実施し、摩擦係数と焼き付き荷重を測定した。得られた結果を表 1 に示す。

## (試験条件)

相手側試験片 : 2 4 m m  $\phi$   $\times$  7 m m t 円板試験片 (クロムモリブデン鋼)  
試験装置 : S R V 試験 (単体摩擦摩耗試験) 装置  
周波数 : 5 0 H z  
温度 : 2 5  $^{\circ}$ C  
加重方式 : 1 3 0 N / m i n で加重を増加  
摺動幅 : 1 m m  
試験用オイル : レギュラーガソリン

## 【 0 0 4 0 】

## [性能評価 2]

各例の摺動試験片と同様の皮膜を施した従来のガソリンエンジン用ニードルバルブを用いた場合における燃料噴射弁の応答時間の遅れをそれぞれ測定し、応答性を評価した。この結果を表 1 に併せて示す。なお、この応答性については、比較例 1 における応答時間の遅れを基準値 (1 . 0 0) とした相対値を表 1 に記載した。

## 【 0 0 4 1 】



【表 1】

区 分	基材の表面 粗さ $R_a$ ( $\mu m$ )	硬質皮膜	摩 擦 摩 耗 試 験 結 果		応答性評価
			摩擦係数	焼付き荷重(N)	
実施例 1	0.03	DLC	0.10	1040	0.80
比較例 1		なし	0.18	650	1.00
比較例 2		TiN	0.17	710	0.96
比較例 3		Cr <sub>2</sub> N	0.14	800	0.92
比較例 4	0.1	DLC	試験中剥離 (測定不可)		—

## 【0042】

表 1 の結果から明らかなように、硬質炭素薄膜として DLC 薄膜を被覆した実施例においては、被覆が施してなかったり、炭素以外の TiN 皮膜や Cr<sub>2</sub>N 皮膜を施したりした比較例に較べて、摩擦係数が低く、焼付き荷重も高くなると共に、応答性にも優れることが確認された。しかし、同じ DLC 薄膜を被覆した場合であっても、被覆前の基材の表面粗さが粗い比較例 4 の場合には、摩擦摩耗試験を実施した結果、試験中に薄膜の剥離が発生した。

## 【0043】

**【発明の効果】**

以上説明してきたように、本発明によれば、硬質炭素薄膜、特に D L C 膜の表面硬さと膜厚に応じた表面粗さや形状などを適切に制御することなどとしたため、硬質炭素薄膜を自動車用燃料噴射弁における摺動部に適用した際に起こり得る膜の割れや剥離等を抑制し、耐久信頼性を確保し、低摩擦係数を実現し、且つ耐焼付き性を向上した燃料噴射弁を提供することができる。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 硬質炭素薄膜を摺動部に適用した際の割れや剥離等を抑制し、耐久信頼性を確保し、低摩擦係数を実現し、耐焼付き性を向上させた自動車用燃料噴射弁を提供する。

【解決手段】 自動車用燃料の存在下で摺動するニードルバルブを備えた燃料噴射弁において、上記ニードルバルブ及びこれと接触して摺動する相手部材の少なくとも一方の摺動面に、炭素から成る硬質炭素薄膜が被覆されており、この硬質炭素薄膜のヌープ硬さによる表面硬さ（Hk）が $1500 \sim 4500 \text{ kg/mm}^2$ 、膜厚（h）が $0.3 \sim 2.0 \mu\text{m}$ であると共に、表面粗さRy（ $\mu\text{m}$ ）が次式（A）で表される関係を満足する。

$$Ry < (0.75 - Hk / 8000) \times h + 0.0875 \dots (A)$$

【選択図】 なし

特願 2 0 0 3 - 1 1 0 3 9 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 9 9 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地

氏 名

日産自動車株式会社